

## ارزیابی اقدامات تطبیقی تغییر اقلیم بر درآمد کشاورزان روستایی شهرستان کاشمر در دشت ترشیز

حمید محمدی<sup>۱</sup> و ساناز هدایت شیشوان<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup> استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، ایران

<sup>۲</sup> دانشجوی دکترا گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، ایران

(دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۷ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۲)

### چکیده

تغییرات آب و هوایی که با گرم شدن زمین و تهدید بالقوه شدیدی را برای اکوسیستم‌های طبیعی و توسعه پایدار منابع طبیعی ایجاد می‌کند و اثرات منفی تغییرات اقلیم هم بر محیط زیست و اقتصاد کشور تأثیر می‌گذارد. در این مقاله، ما یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت برای ارزیابی اقدامات تطبیقی تغییر اقلیم بر درآمد کشاورزان روستایی و مدیریت منابع طبیعی در دشت ترشیز پرداخته شده است. ابتدا روند تغییرات دما و بارش در دشت ترشیز طی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۶۰ بررسی انجام شد. سپس، با استفاده از تحلیل‌های رگرسیونی اثر متغیرهای متوسط دما و بارش سالانه بر عملکرد و سطح زیر کشت محصولات منتخب زراعی این دشت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تغییر اقلیم بر بهبود اصلاح الگو کشت تأثیر مثبتی بر درآمد خانوار کشاورز داشته است. برای تحقق توسعه پایدار در زمینه تغییرات اقلیم، توسعه پایدار منابع طبیعی تحت حفاظت از محیط زیست (حفظ مراتع و پوشش گیاهان) باید افزایش یابد. از طرفی عملکرد اغلب محصولات منتخب اثر منفی و معنی‌داری داشته و منجر به کاهش سطح زیر کشت گندم آبی، زعفران و بادمجان در الگوی زراعی دشت ترشیز می‌شود. با رخداد تغییر اقلیم مجموع بازده ناخالص کشاورزان روستایی دشت ترشیز به میزان ۱۱/۱۷ درصد و مجموع آب مصرفی در الگوی کشت ۵/۷۷ درصد نسبت به شرایط سال پایه کاهش می‌یابد. پیشنهاد می‌شود که از روش‌های کم آبیاری، فناوری‌های بذر اصلاح شده و پربازده از لحاظ مقاومت به خشکسالی و حفاظت از پوشش گیاهی مراتع (عدم چرای دام در مرتع) استفاده شود.

**واژه‌های کلیدی:** تغییر اقلیم، تولیدات کشاورزی، منابع طبیعی، تحلیل رگرسیون، تطبیقی

### ۱ مقدمه

تلاش هستند تا با کاهش گازهای گلخانه‌ای، به ویژه انتشار کربن، با تغییرات آب و هوایی مقابله کنند (دنگ و همکاران، ۲۰۱۶). ایران کشوری از نظر زیست محیطی شکننده در بین کشورهای جهان است و در برخی از مناطق کشور، اکثریت مردم از فقر و مشکلات زیست محیطی زیادی ناشی از تغییر آب و هوا رنج می‌برند. تغییراتی که مستقیماً بر زندگی افراد تأثیر می‌گذارد (پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹۶). بنابراین، مطالعه مدیریت تطبیقی مناطق از لحاظ تغییر اقلیم هم از نظر عملی و هم از نظر تئوری از اهمیت بالایی برخوردار است. مدیریت تطبیقی به دنبال سازگاری است. به طور کلی اعتقاد بر این است که مدیریت تطبیقی یک روش تصمیم‌گیری ساختاری و تعاملی در جهت مواجهه با عدم قطعیت سیستم پیشنهاد شده است که می‌تواند عدم قطعیت تصمیم‌گیری را

در سال‌های اخیر، تغییرات اقلیمی چالش‌های شدیدی را برای اکوسیستم‌های طبیعی و توسعه پایدار جامعه بشری به همراه داشته است. گازهای گلخانه‌ای (GHG) تولید شده به عنوان عامل اصلی تغییر آب و هوا در نظر گرفته می‌شود (ژانگ و چوی، ۲۰۱۳ ژائو و همکاران ۲۰۱۹). تغییرات در اکوسیستم‌های طبیعی به طور اجتناب‌ناپذیری تأثیر عمیقی بر بخش‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی خواهد گذاشت (وانگ و همکاران، ۲۰۱۱؛ استرن، ۲۰۱۳؛ ژان و همکاران، ۲۰۱۷). در این شرایط، تغییر اقلیم به موضوع مهمی تبدیل شده است که کشورهای سراسر جهان باید به آن توجه کنند. رویکردهای مقابله با تغییرات آب و هوایی عمدتاً شامل جنبه دوم است. از یک سو، دولت‌ها در سراسر جهان در

کاهش دهد. از طریق مشاهده طولانی مدت سیستم. مفهوم مدیریت تطبیقی اولین بار توسط هالینگ (۱۹۷۹) برای مدیریت عدم قطعیت، پیچیدگی و تأخیرهای اکوسیستم ارائه شد. در سال‌های اخیر، مدیریت تطبیقی در حوزه واکنش‌های تغییرات اقلیمی و اقدامات سازگاری معرفی شده است که می‌توان آن‌ها را به‌عنوان الگوهای پیاده‌سازی شده توسط دولت‌ها و کشاورزان روستایی برای دور زدن یا تضعیف تأثیر تغییر اقلیم بر بخش‌های اقتصادی و زیست محیطی معرفی شود (وانگ و همکاران، ۲۰۱۸). استراتژی‌های مدیریت تطبیقی را می‌توان با توجه به اهداف به‌سازگاری خود به خود و سازگاری انسانی با زیست طبیعی و طرح‌های حفاظت و مدیریت زیست محیطی ربط داد (ژائو و همکاران ۲۰۱۹).

کاهش بارندگی و عدم تغذیه صحیح آبخوان‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی از دیگر عواملی هستند که منجر به بهره‌برداری بیش از حد منابع آب شده است. با توجه به موقعیت جغرافیای خشک و نیمه خشک ایران و بازندگی کمتر از یک سوم متوسط جهانی، پیش‌بینی می‌شود که در آینده نزدیک ایران در معرض آسیب‌پذیری جدی ناشی از تغییرات اقلیمی باشد (معززی و همکاران، ۱۴۰۰). مشکلات ناشی از بهره‌برداری‌های بی‌رویه از اراضی و مصرف آب باعث ایجاد رقابت بر سر منابع خواهند شد و این موضوع، مشکلات سیاسی-اجتماعی زیادی را در سطح جهان به وجود خواهد آورد (کوچکی و همکاران، ۲۰۱۵). افزایش جمعیت کره زمین که باعث تغییر کاربری اراضی، تخریب جنگل‌ها، افزایش فعالیت‌های کشاورزی و دامداری و تولید ضایعات جامد و مایع شده، تبعات مختلفی به همراه داشته است. پدیده تغییر اقلیم یکی از این تبعات است که از مسائل مهم در بخش تولید محصولات کشاورزی می‌باشد (آنگل، ۲۰۰۸). تغییرات آب و هوایی که با گرم شدن زمین، تهدید بالقوه شدیدی را برای اکوسیستم‌های طبیعی و توسعه پایدار جامعه انسانی ایجاد کرده است. پدیده تغییر اقلیم همان‌طوری که از فعالیت‌های گوناگون انسانی تأثیر می‌پذیرد، اثرات مختلفی بر فعالیت‌های انسانی بر جای می‌گذارد. یکی از عوامل مهم تغییرات اقلیمی در دهه‌های اخیر افزایش فشار فعالیت‌های انسانی بر محیط

زیست زمین می‌باشد (ژائو و همکاران ۲۰۱۹). تغییر اقلیم باعث تشدید پدیده فرسایش خاک، کمبود شدید منابع آبی (تا حدی که منابع آب آشامیدنی نیز تهدید شوند)، کاهش تولید محصولات زراعی و همچنین زیان‌های اقتصادی و زیست محیطی ناشی از تهدید بخش کشاورزی و دامی (مانند کاهش صادرات، افزایش واردات، کاهش میزان ارزآوری و مشکلات بنیادی سرمایه‌گذاری برای تولید در کشاورزی) در سطح استان خراسان رضوی و در نهایت در کشور مواجه گردد، لذا، با توجه به کلیه قابلیت‌ها و محدودیت‌های ذکر شده برای محدوده مطالعاتی دشت ترشیز، انجام تحقیقاتی در زمینه اثرات تغییرات اقلیم و اتخاذ سیاست‌های مدیریتی مناسب در جهت سازگاری بیشتر بخش‌های کشاورزی و مدیریت منابع آب در این دشت با شرایط جدید اقلیمی ضروری به نظر می‌رسد. در زمینه تحلیل اثرات تغییر اقلیم ناشی از کاهش بارش و افزایش دما نیز لازم است که قبل از اتخاذ سیاست‌های مناسب در بخش کشاورزی استان خراسان رضوی، اثرات بالقوه و احتمالی این پدیده بر میزان عملکرد محصولات زراعی، تغییرات الگوی کشت، درآمد کشاورزان روستایی، وضعیت منابع آب در دسترس و مراتع در سطح اراضی دیم پیش‌بینی شود تا برنامه‌ریزان بخش را در اتخاذ سیاست‌های مطلوب یاری رساند. استوانویچ و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی تمرکز بر اثرات توزیعی تغییرات آب و هوا در مناطق جغرافیای جهان و عوامل اقتصادی پرداختند که نشان داد که تغییرات آب و هوا باعث روند مثبت در مازاد تولیدکننده و روند منفی در مازاد مصرف‌کننده جهانی در پایان قرن حاضر گشته است. کالوین و همکاران (۲۰۲۰) پیامدهای تغییر اقلیم بر عملکرد، بازار و رفاه اقتصادی کشاورزی با تمرکز بر پیوند بین واکنش‌های بیوفیزیکی پرداختند که نشان دادند که پیامدهای تغییر اقلیم بر عملکرد کشاورزی موجب تغییر در رفاه اقتصادی خواهد و این تغییر، طی قرن ۲۱، به اوج خود می‌رسد. ژائو و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی ارزیابی اقدامات سازگاری با تغییر اقلیم بر درآمد دامداران در یک منطقه مراتع شمال کشور چین پرداختند که اقدامات سازگاری مؤثر برای

رضایی زمان و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیقی با استفاده از الگوی اقتصادی-هیدرولوژیکی به ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر متغیرهای هیدرولوژی حوضه سیمینه رود در استان آذربایجان غربی پرداختند. نتایج نشان داد که پدیده تغییر اقلیم تبعات منفی بر آب و هوای حوضه مورد نظر داشته است، به طوری که سبب کاهش ۴۰ درصدی بارش ماهیانه، افزایش ۲ درجه سلسیوس دمای هوا و کاهش ۲۵ درصدی منابع آب در حوضه آبخیز سیمینه رود شده است.

پرهیزکاری و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه‌ای با بهره‌گیری از مجموعه مدل‌های گردش عمومی و هیدرو اقتصادی اثرات تغییر اقلیم ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای را بر تولیدات بخش کشاورزی و منابع آب در دسترس در اراضی پایین-دست سد طالقان ارزیابی نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که انتشار گازهای گلخانه‌ای طی دوره مورد بررسی، بر عملکرد اغلب محصولات زراعی منطقه اثر منفی داشته و منجر به کاهش سطح زیر کشت و سود ناخالص کشاورزان روستایی، کاهش منابع آب در دسترس و افزایش ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب آبیاری در اراضی پایین دست سد طالقان شده است.

پرهیزکاری و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی به ارزیابی اثرات تغییر اقلیم ناشی از کاهش بارش بر منابع آب در دسترس و تولیدات کشاورزی در حوضه آبخیز شاهرود پرداختند. نتایج نشان داد که تغییر اقلیم ناشی از کاهش بارش منجر به کاهش منابع آب در دسترس، افزایش ارزش اقتصادی آب آبیاری، کاهش مجموع سطح زیر کشت محصولات آبی و کاهش سود ناخالص کشاورزان روستایی در حوضه آبخیز شاهرود شده است. بیش‌ترین کاهش منابع آب در دسترس نیز در سناریوی تغییر اقلیم شدید و به مقدار  $30/03$  میلیون مترمکعب به دست آمد. معززی و همکاران (۱۴۰۰) در مطالعه‌ای به ارزیابی آثار رفاهی و امنیت غذایی تغییرات اقلیمی در دشت همدان-بهار پرداختند. با برآورد تابع واکنش عملکرد، محاسبه تغییرات عملکرد ناشی از پارامترهای آب و هوایی؛ و در نهایت، با تدوین یک الگوی برنامه‌ریزی ریاضی غیرخطی شامل ابعاد

کاهش اثرات منفی تغییرات آب و هوایی هم بر محیط زیست محیطی و هم بر اقتصاد اجتماعی تأثیر می‌گذارد. برای تحقق توسعه پایدار در شرایط تغییرات آب و هوایی جهانی، توسعه پایدار حیات دامپروری با فرض حفاظت از محیط زیست ب باید افزایش یابد. بهبود ایمنی و کیفیت محصولات دامی از طریق فناوری فرآوری و تولید علوفه با کیفیت بالا و اطمینان از مکمل علوفه کافی از طریق پروژه مرتع مصنوعی انجام داد. منطقه ترشیز به لحاظ تقسیمات کشوری دارای سه شهرستان (کاشمر، خلیل آباد و بردسکن)، شش شهر، ۱۴ دهستان و بیش از ۴۶۶ روستا و آبادی است. به لحاظ شرایط اقلیمی، آب و هوای حاکم بر منطقه ترشیز در تمام طبقه‌بندی‌های اقلیمی صورت گرفته از نوع گرم و خشک است. میانگین دمای سالانه ۲۹ درجه سانتی‌گراد، میانگین رطوبت نسبی ۳۸ درصد و متوسط بارندگی در منطقه ترشیز حدود ۲۲۰ میلی-متر (یعنی حدود ۹۰ درصد بارندگی در کشور و حدود ۶۶ درصد متوسط بارندگی جهانی) است که این مقدار بارش تأثیر چندانی در بهبود وضعیت کشاورزی منطقه ترشیز ندارد. این در حالی است که، میزان تبخیر و تعرق سالانه در منطقه ترشیز ۲۳ برابر میزان بارندگی (یعنی بین ۴۵۰۰ تا ۵۰۰۰ میلی-متر) در این منطقه برآورد شده است (سازمان هواشناسی استان خراسان رضوی، ۱۳۹۹). با توجه به روند افزایش دمای هوا طی دهه‌های اخیر در دشت ترشیز از یک سو و کم آب یا خشک شدن منابع آبی موجود در این منطقه ارائه یک روش اقتصادی مشتمل بر مدل‌سازی ریاضی جهت ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر میزان عملکرد محصولات منتخب زراعی، تولیدات کشاورزی و منابع آب در دسترس کشاورزان روستایی ترشیزی مسئله‌ای مهم و اجتناب‌پذیر می‌باشد که در این مطالعه مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. طی سال‌های اخیر تغییرات کاهشی بارش و افزایش دمای هوا مشکلات عدیده‌ای را در بخش کشاورزی و محیطی زیست در محدوده مطالعاتی دشت ترشیز به وجود آورده است. گرم شدن دمای هوا سبب شده تا کشت و زرع و مراتع در دشت ترشیز تحت تأثیر قرار بگیرد (سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی، ۱۳۹۹).

نقطه کلیدی برای ارائه مدیریت بالقوه مؤثر بود (لیو و همکاران، ۲۰۱۵). تبیین مشکلات موجود در اجرای اقدامات سازگاری در تعدیل راهبردهای تطبیقی، بهبود اثر تطبیقی و تقویت مدیریت سازگاری از اهمیت بالایی برخوردار است. به طور کلی، مطالعات داخلی و خارجی بررسی شده نشان می‌دهند که تغییرات اقلیم ناشی از کاهش بارش و افزایش دما تا حد زیادی میزان تولیدات کشاورزی، منابع آب در دسترس و بازده ناخالص کشاورزان روستایی و دامداران را دست‌خوش تغییر قرار می‌دهند. با توجه به اهمیت این موضوع، در مطالعه حاضر ابتدا روند تغییرات یا الگوی رفتاری متغیرهای اقلیمی دما و بارش طی دوره سی و سه ساله ۱۳۶۰-۱۳۹۸ در محدوده مطالعاتی دشت ترشیز بررسی می‌شود. در ادامه، از توابع عملکرد تخمینی به کمک روش‌های اقتصادسنجی و سیستم مدل‌سازی اقتصادی جامع مشتمل بر مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی (MP, Mathematical Programming) برای تحلیل اثرات بالقوه تغییر اقلیم بر درآمد کشاورزان روستایی، الگوی کشت، وضعیت منابع آب در دسترس و سود کشاورزان روستایی دشت ترشیز استفاده می‌شود.

## ۲ مواد و روش

در این تحقیق ابتدا به منظور تحلیل و ارزیابی اثرات متغیرهای اقلیمی دما و بارش سالانه (به عنوان شاخص‌های تغییر اقلیم) بر عملکرد و سطح زیر کشت محصولات منتخب زراعی دشت ترشیز طی سال‌های ۱۳۶۰-۱۳۹۸ و همچنین ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر میزان منابع آب در دسترس کشاورزان روستایی دشت ترشیز طی سال پایه ۱۳۹۹-۱۳۹۸ از تحلیل رگرسیونی و بوت استرپ روش حداقل مربعات معمولی (OLS, Ordinary Least Squares) استفاده شد.

در ادامه به منظور بررسی اثرات سناریوی کاربردی دو واحد افزایش دما و ویست و پنج میلی‌متر کاهش بارش بر عملکرد محصولات منتخب زراعی، الگوی کشت، سود ناخالص حاصل از الگوی کشت و منابع آب در دسترس کشاورزان روستایی دشت ترشیز از مدل اقتصادی برنامه‌ریزی ریاضی

اقتصادی، زراعی و هواشناسی، اثرات بالقوه تغییر اقلیم بر رفاه اقتصادی و امنیت غذایی تحت سناریوهای اقلیمی ارزیابی شد. نتایج نشان داد که تغییرات اقلیمی با کاهش دسترسی به آب، از یک سو، با کاهش تولید و افزایش قیمت مواد غذایی، موجب کاهش مازاد رفاه مصرف‌کننده می‌شود و از سوی دیگر، موجب افزایش درآمد خالص مزرعه خواهد شد، اما همچنان در تمامی سناریوها رفاه اقتصادی کل کاهش خواهد یافت؛ بنابراین، حتی با تغییرات خوش‌بینانه اقلیم، رفاه مصرف‌کننده و به تبع آن، امنیت غذایی کاهش می‌یابد.

دانشگر و همکاران (۱۴۰۰) به ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر الگوی کشت محصولات کشاورزی دشت بوشکان با مدل‌های اقتصادی و هیدرولوژیکی بکار گرفته‌اند. متغیرهای بارندگی و دما در افق ۲۰۵۰ با استفاده از مدل LARS-WG شبیه‌سازی شد. برای بخش هیدرولوژیکی، مدل WEAP و ماژول اقتصادی-زراعی MABIA، بکار گرفته شد. در بخش اقتصادی با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)، اثرات تغییر اقلیم بر الگوی کشت محصولات در مناطق مختلف دشت بوشکان مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با تغییر اقلیم میزان آب در دسترس در سناریوهای A2 و A1B به میزان ۱۸/۵۶ و ۱۴/۴۴ کاهش می‌یابد. همچنین نتایج مدل MABIA حاکی از کاهش شدیدتر عملکرد محصولات گندم و هندوانه نسبت به سایر محصولات است. با اعمال این نتایج در مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت مشخص شد که سطح زیر کشت و سود کشاورزان در سناریو خوش‌بینانه به ترتیب به میزان ۲۵/۵ و ۴۲/۴۵ و در سناریو بدبینانه ۳۸/۶ و ۵۵/۲۶ درصد نسبت به مرجع کاهش خواهد یافت. به عنوان یکی از مؤثرترین رویکردها برای مقابله با تغییرات اقلیمی، به ویژه در مناطق بحرانی، توجه بسیاری از محققان را برانگیخته است، اما تحقیقات موجود در مورد سازگاری با تغییرات اقلیمی بیشتر بر روی «چگونگی انطباق» متمرکز شده است، مانند دنگ و همکاران (۲۰۱۰)، وایز و همکاران (۲۰۱۴)، بارکا و همکاران (۲۰۱۵)، اما به ندرت مطالعات تأثیر بالقوه تأثیر اقدامات تطبیقی تغییر اقلیم بر درآمد کشاورزان روستایی و مدیریت منابع طبیعی کردند که

مثبت (PMP, Positive Mathematical Programming) استفاده شد. هر یک از مراحل واسنجی مدل مذکور در ادامه تشریح می گردند.

## ۱-۲- تحلیل رگرسیونی با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی (OLS)

در این مرحله، با به کارگیری روش حداقل مربعات معمولی روند تغییر و معنی داری هر یک از متغیرهای دما و بارش سالانه و تأثیرات آن‌ها بر متوسط عملکرد محصول  $Y_i$  در دشت ترشیز، طی دوره سی و سه ساله (۱۳۶۰-۱۳۹۸) با استفاده از بسته نرم‌افزاری Stata بررسی شود، تا روند تأثیرات متغیرهای اقلیمی دما و بارش بر متوسط عملکرد محصولات منتخب زراعی دشت ترشیز (گندم، جو، زعفران، بادمجان، طالبی و هندوانه) محاسبه شود. بر این اساس، تابع عملکرد محصولات منتخب زراعی به صورت زیر تعریف می شود:

$$Y_i @ f(T_i, S_i) \quad i @ 1, 2, \dots, 6 \quad (1)$$

در معادله رگرسیونی بالا،  $Y_i$  بردار متوسط عملکرد محصول  $T_i$ ،  $S_i$  بردار متوسط دما و  $i$  بردار متوسط بارش سالانه است. با توجه به داده‌های موجود، بهترین برازش با استفاده از یک مدل اقتصادسنجی صورت می‌گیرد و یک رابطه معنی-دار بین پارامترهای تغییر اقلیم و میزان عملکرد در واحد سطح محصولات به دست می‌آید. این رابطه را می‌توان به صورت زیر نشان داد:

$$Y_i @ Q(1) . Q(2) * S . Q(3) * T . 'R(1) @ Q(4)' \quad (2)$$

رابطه (۲)، بهترین برازش ممکن را بین متغیرهای توضیحی دما (T) و بارش (S) و متغیر وابسته عملکرد محصول ( $Y_i$ ) نشان می‌دهد.  $Q(1)$ ،  $Q(2)$ ،  $Q(3)$  و  $Q(4)$  ضرایب تابع خود رگرسیونی رابطه (۲) هستند (ابریشمی، ۱۳۸۳).

برای رفع خود همبستگی تابع ارائه شده‌ی فوق از فرآیند خود رگرسیون مرتبه اول  $R(1)$  استفاده شد. فرآیند خود رگرسیونی بیانگر این است که پیش‌بینی متغیر وابسته در زمان  $t$ ، نسبتی از مقدار آن در زمان  $t-01$ ، به علاوه یک شوک تصادفی یا جمله اختلال در زمان  $t$  است (نوروزیان و

همکاران ۱۳۹۲).

مدل‌های برنامه ریزی ریاضی مثبت (PMP) ابتدا توسط هویت پیشنهاد شد. مدل را می‌توان با توجه به رفتار محصولات مشاهده شده در دوره پایه کالیبره کرد تا بتوان اطمینان حاصل کرد که مقدار بهینه دوره پایه مدل با مقدار مشاهده شده مطابقت دارد. این مدل جهت رفع کاستی‌ها و غلبه بر مشکلات موجود در مدل‌های برنامه‌ریزی هنجاری (NMP, Normative Mathematical Programming) توسعه یافت ایده کلی مدل PMP استفاده از اطلاعات موجود در متغیرهای دوگان (Dual Variable) محدودیت‌های واسنجی است که جواب مسأله برنامه‌ریزی خطی را به سطح فعالیت‌های موجود محدود می‌کنند. در واقع مقادیر دوگان برای تصریح تابع هدف غیرخطی مورد استفاده قرار می‌گیرند که سطح فعالیت‌های مشاهده شده را مجدد از طریق جواب بهینه مسأله برنامه‌ریزی جدیدی که فاقد محدودیت واسنجی است، بازسازی می‌کنند (هوویت، ۲۰۰۵؛ پتساکوس و رزاکیس، ۲۰۱۵؛ کورتینانی و دونو، ۲۰۱۵). روند مدل PMP برای تحلیل هزینه‌ها و منافع اقدامات انطباقی برای تغییر آب و هوا می‌تواند به سه مرحله زیر تقسیم شود:

گام اول، محدودیت‌های کالیبراسیون در مدل برنامه ریزی خطی بر اساس مشاهدات واقعی دوره پایه اضافه می‌شود و از مدل برنامه ریزی خطی برای محاسبه مقدار دوگانه هر محدودیت کالیبراسیون (قیمت سایه) استفاده می‌شود. بنابراین، یک مدل برنامه ریزی خطی معمولی می‌تواند به عنوان اولین قدم در مدل در نظر گرفته شود.

## ۲-۲- تابع هدف

$$T @ \text{MAX} \quad \hat{1} (p_i x_i - c_i x_i) \quad (3)$$

$$x_i \geq 0 \quad x_i \leq b_i \quad \hat{1} x_i \leq b$$

جایی که T سود خالص اقدامات تطبیقی است،  $p_i$  زیان اقتصادی کاهش اقدامات تطبیقی  $i$  است؛  $c_i$  هزینه اجرای اندازه گیری انطباق  $i$  است  $x_i$  سرمایه گذاری اختصاص داده شده به هر اقدام تطبیقی است؛  $b$  سرمایه گذاری کل اقدامات تطبیقی است، و  $b_i$  نوعی از ورودی اقدام تطبیقی است (ژائو

درآمد خانوارها عمدتاً از کشاورزی و اشتغال در دامداری‌ها است. درآمدهای دامداری عمدتاً حاصل از تولید محصولات کشاورزی بوده است. بنابراین، ساخت تابع هدف به شرح زیر است.

تابع هدف: (۵)

$$TMG_{farm} @ \max \hat{1} (p_i y_i - (\alpha_i \cdot \gamma_i / 2) x_i) x_i$$

.subsidy

وابسته به

$$\hat{1} x_i \leq q_i f l \quad (۶)$$

$$\hat{1} x_i \leq Area \quad \hat{1} x_i \leq l_i f l$$

$$TMG_{farm} \leq f \quad TMG_{total}$$

که در آن،  $TMG_{farm}$  نشان دهنده درآمد حاصل از تولید محصولات کشاورزی است،  $p_i$  نشان دهنده قیمت محصول،  $y_i$  نشان دهنده عملکرد در واحد هکتار،  $a_i$  هزینه در  $\mu$  هر زمین،  $x_i$  منطقه سطح زیر کشت برای تولید محصولات، (*subsidy*) یارانه‌ها نشان دهنده بازپرداخت‌های دولت به کشاورزان روستایی است که به دنبال خشکسالی و تغییر اقلیم،  $l_i$  هزینه نیروی کار در هر هکتار،  $q_i$  سرمایه گذاری در واحد  $\mu$  می‌باشد و  $TMG_{total}$  کل درآمد خانوار روستایی است (ژائو و همکاران ۲۰۱۹).

### ۳-۲-آمار و اطلاعات مورد استفاده

دشت ترشیز با پهناهی حدود ۳۳۴۷ کیلومتر مربع، در باختر خراسان، که تشکیل شده از شهرهای کاشمر، کوهسرخ و خلیل آباد و بردسکن که از شهرهای مهم استان خراسان رضوی محسوب می‌شود. آب و هوای این شهرستان‌ها معتدل و خشک است. تفاوت درجه حرارت بین ۸/۷- درجه سانتی‌گراد تا ۴۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. میزان بارندگی سالانه حدود ۱۲۰/۴ میلی‌متر تخمین زده شده است. سطح زیر کشت محصولات زراعی آبی و دیمی دشت ۶۲۵۴۰ هکتار برآورد شده، که این میزان تحت شرایط آب و هوایی مختلف از نظر بارندگی متغیر می‌باشد. ایستگاه‌های کورد مطالعه ایستگاه کاشمر، خلیل آباد، ریوش، اکبر آباد، تنورجه، مهدی آباد و قوچ پلنگ می‌باشد.

و همکاران ۲۰۱۹). مرحله دوم، شیب تابع هزینه متوسط در تابع هدف مدل PMP مطابق با مقادیر دوگانه محدودیت کالیبراسیون محاسبه می‌شود و مدل PMP ایجاد می‌شود. مدل PMP فرض می‌کند که درآمد نهایی محصولات مختلف کاهش می‌یابد، بنابراین هزینه‌های میانگین در تابع هدف، دیگر یک مقدار ثابت  $c_i$  نیست، بلکه  $0.5\gamma_i x_i$  است، زیرا شیب تابع مربعات متوسط هزینه برابر با یک دوم از تابع هزینه نهایی است. مدل PMP فرض می‌کند که منحنی هزینه‌های نهایی از مبدأ عبور می‌کند، یعنی اگر تابع هزینه‌های نهایی به شکل  $\gamma_i x_i$  باشد، سپس تابع هزینه متوسط  $0.5\gamma_i x_i$  است. این مدل PMP را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

$$(۴) T @ \text{MAX} \hat{1} [p_i - (\frac{1}{2} \gamma_i x_i)] x_i$$

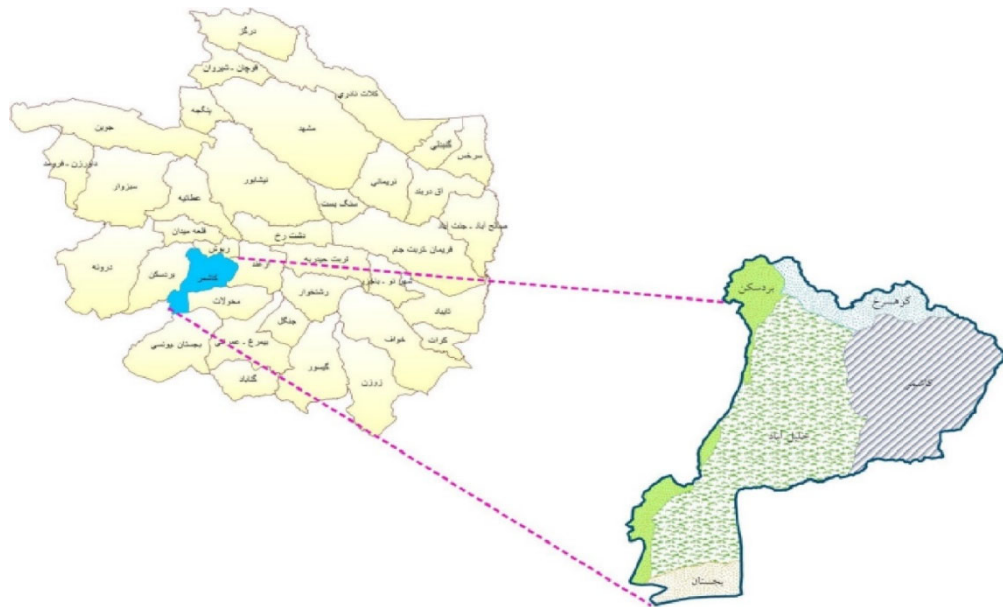
$$\gamma_i @ \frac{\lambda \text{cal}(i) \cdot c_i}{x_i}$$

که در آن،  $g_i$  شیب تابع هزینه ویرایشی است، محاسبه می‌شود به صورت:  $\gamma_i @ \frac{\lambda \text{cal}(i) \cdot c_i}{x_i}$  و  $\gamma_i x_i$  دوگانه محدودیت کالیبراسیون محاسبه شده در مرحله اول است (ژائو و همکاران ۲۰۱۹).

مرحله سوم، مدل PMP که در بالا ایجاد شده است برای تغییر پارامترهای مربوطه در مدل برای به دست آوردن پارامتر  $a_i$ .  $\gamma_i$  بر طبق نیازهای مخصوص ارزیابی انطباقی استفاده می‌شود و سپس این پارامترها به عملکرد هدف وارد شده، تا بتوان راه حل بهینه برای برنامه نویسی غیر خطی که در آن اقدامات تطبیقی توزیع شده است پیدا نمود. برای ارزیابی اثرات اقدامات انطباقی در تغییرات آب و هوایی و اجرای سیاست‌های یارانه ای در مناطق روستایی، یک مدل برنامه ریزی رفتار محصولات روستایی بر پایه داده‌های بررسی شده ایجاد می‌شود و اثر اجرای اقدامات تطبیقی از طریق کل درآمد خانوار، عملکرد واحد‌های تولیدی در سال آینده و تغییر سطح زیر کشت برآورد می‌گردد. بر اساس فرضیه به حداکثر رساندن درآمد خانوار، فرض بر این بود که کشاورزان روستایی به دنبال به حداکثر رساندن درآمد کوتاه مدت بدون هیچ پیشرفت تکنیکی قابل وضوحی می‌باشند.

جامعه آماری مطالعه حاضر شامل کلیه کشاورزان روستایی منطقه ترشیز که متشکل از شهرستان‌های کاشمر، کوهسرخ و خلیل آباد است که در اراضی فاریاب یا آبی خود به کشت محصولات منتخب زراعی مانند گندم آبی، جو آبی، طالبی، انار و زعفران اشتغال دارند. با توجه به در دست بودن داده‌ها و اطلاعات مورد استفاده به صورت تجمیعی و یا منطقه‌ای (مجموعه داده‌های اسنادی و ثبت شده در سازمان‌های ذی-ربط)، در این مطالعه مبادرت به امر نمونه‌گیری نشد. داده‌ها

و اطلاعات مربوط به سطح زیر کشت محصولات منتخب شامل تولیدات کشاورزی، هزینه‌های تولید، میزان مصرف نهاده‌ها و قیمت محصولات منتخب می‌باشند که با مراجعه مستقیم به سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی و داده‌های مربوط به نیاز آبی محصولات و کل منابع آب در دسترس، از طریق مراجعه به شرکت آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی جمع‌آوری شدند (سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی، ۱۳۹۹).



شکل ۱. موقعیت جغرافیای (دشت ترشیز) شهرستان‌های کاشمر و خلیل‌آباد در استان خراسان رضوی

جدول ۱. سطح زیر کشت محصولات زراعی منطقه ترشیز در سال پایه ۱۳۹۹-۱۳۹۸ (بر حسب هکتار)

مجموع سطح هر محصول	شهرهای مورد مطالعه			محصولات زراعی
	خلیل‌آباد	کوهسرخ	کاشمر	
۱۴۷۰۲	۷۴۱۰	۹۷۲	۶۳۲۰	گندم آبی
۴۱۷۴	۱۶۴۰	۷۳۴	۱۸۰۰	جو آبی
۱۳۲۸۲	۳۶۰۲	۲۳۲۰	۷۳۶۰	زعفران
۵۲۰۱	۷۵۰	۹۴۱	۳۵۱۰	طالبی
۲۳۶۲	۲۲۷	۴۷۳	۱۶۶۲	بادمجان
۱۳۳۳	۵۶۱	۲۹۲	۴۸۰	هندوانه
۴۱۰۵۴	۱۴۱۹۰	۵۷۳۲	۲۱۱۳۲	مجموع اراضی

مأخذ: سازمان جهاد کشاورزی بخش طرح و برنامه استان خراسان رضوی، ۱۳۹۹-۱۳۹۸

جدول ۲. داده‌ها و اطلاعات مربوط به محصولات زراعی دشت ترشیز طی سال پایه ۹۹-۱۳۹۸

محصول زراعی	الگوی سال پایه (ha)	عملکرد (kg/ha)	نیاز آبی (m <sup>3</sup> /ha)	قیمت (ریال/kg)	سرمایه* (kg/ha)	نیروی کار (نفر-روز)
گندم ابی	۱۴۷۰۲	۳۱۰۶	۳۸۲۰	۱۷۰۶۷	۲۱۷۰	۲۱
جو آبی	۴۱۷۴	۲۶۵۲	۳۱۴۰	۱۵۳۸۳	۲۴۰۰	۱۸
زعفران	۱۳۲۸۲	۶/۶	۲۹۸۳	۱۱۲۱۲۳۰۰	۲۶۳۰	۴۴
طالبی	۵۲۰۱	۱۵۱۵۴	۶۹۶۰	۱۳۳۳۴	۲۹۲۰	۳۸
بادمجان	۲۳۶۲	۲۳۱۷۳	۸۸۰۵	۱۶۵۶۷	۳۲۳۵	۳۲
هندوانه	۱۳۳۳	۳۴۶۹۵	۸۳۲۱	۶۱۰۳	۳۴۶۰	۴۰

\*: مجموع نهاده‌های بذر، کود شیمیایی، سموم، آفت کش و علف کش است که کشاورز در واحد سطح نیاز دارد.

مأخذ: سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی، ۱۳۹۹

جدول ۳ میانگین دما، بارش و تبخیر طی دوره‌های اخیر در دشت ترشیز و در مقایسه با کشور

دوره ده ساله مورد نظر				سطح	متغیر
۱۳۹۸-۱۳۹۱	۱۳۹۰-۱۳۸۱	۱۳۸۰-۱۳۷۱	۱۳۷۰-۱۳۶۰	بررسی	اقلیمی
۱۲۱	۱۳۳	۱۲۴	۱۶۴	ترشیز	بارش (mm)
۲۵۱	۲۵۴	۲۵۵	۲۵۸	ایران	
۴۶/۲۷	۲۶,۵۶	۲۷,۲۵	۲۶,۲۱	ترشیز	دما (°C)
۲۴,۱۰	۲۳,۳۰	۲۲,۷۰	۲۱,۸۰	ایران	
۲۹۸۶	۲۶۳۷	۲۸۵۰	۲۵۵۲	ترشیز	تبخیر (mm)
۲۰۶۷	۱۹۸۵	۱۹۷۱	۱۹۶۳	ایران	

مأخذ: گزارشات سازمان هواشناسی استان خراسان رضوی، ۹۸-۱۳۶۰

جدول ۴- کل منابع آب قابل دسترس در منطقه ترشیز طی سال پایه (میلیون مترمکعب)

مجموع	شهر مورد مطالعه			منابع آب سطحی و زیرزمینی
	خلیل آباد	کوهسرخ	کاشمر	
۷۰/۲۹	۲۴/۷۶	۱۶/۲۱	۲۹/۳۲	چاه‌های عمیق شخصی
۱۴/۳۲	۵/۸۵	۳/۲۶	۵/۲۱	چاه‌های نیمه عمیق شخصی
۱۴/۷۲	۵/۳۷	۳/۲۱	۶/۱۴	چاه‌های عمیق دولتی
۱۱۳/۴۰	۲۲/۱۶	۵۹/۱۳	۳۲/۱۱	کانال‌ها و سدهای انحرافی
۲۰۶/۹۳	۹/۳۰	۱۲۱/۴۲	۷۶/۲۱	رودخانه و آب تجمع یافته
۴۱/۸۸	۴/۱۱	۱۳/۶۳	۲۴/۱۴	قنات و چشمه
۴۹۷/۵۴	۷۱/۵۵	۲۱۶/۸۶	۱۷۳/۱۳	کل منابع آب در دسترس

منبع: گزارشات شرکت آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی، ۱۳۹۹-۱۳۹۸



کوهسرخ و خلیل آباد) تا حد زیادی وابسته به جریانات آب سطحی رودخانه کوهسرخ می‌باشد.

### ۳ نتایج حاصل از تحلیل‌های رگرسیونی اثر تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات منتخب در دشت ترشیز

اثر تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات منتخب (معنی دار یا عدم معنی دار بودن اثر دما و بارش بر عملکرد محصولات) در دشت ترشیز پس از تخمین توابع رگرسیونی مورد نظر و انجام آزمون‌های  $\bar{R}^2$  (ضریب تعیین تعدیل شده)، D.W (دورین واتسون)، F (آزمون والد) و  $R(1)$  (آزمون خود رگرسیون مرتبه اول) صورت گرفت. نتایج به دست آمده در جدول ۵ نشان داده شده است:

جدول ۵. اثر متغیرهای اقلیمی دما و بارش بر عملکرد محصولات منتخب زراعی در دشت ترشیز

متغیر	گندم آبی	جو آبی	زعفران	طالبی	بادمجان	هندوانه
عرض از مبدا	۱/۳۴	۱/۳۱	۲/۱۲	۲/۲۵	۱/۵۸	۱/۳۱
بارش	-۰/۲۱**	۰/۸۴**	۰/۴۳**	-۰/۱۳**	-۰/۳۱**	-۰/۱۷**
دما	-۰/۲۷**	۰/۱۲**	۰/۱۵**	-۰/۴۱*	۰/۲۱**	۰/۲۵**
$\bar{R}^2$	۰/۷۸	۰/۸۳	۰/۸۹	۰/۷۷	۰/۸۲	۰/۷۹
D.W	۱/۹۹	۲/۲۳	۲/۰۱	۱/۷۸	۲/۱۱	۱/۹۷
F	۲۸	۴۶	۸۳	۷۶	۱۰۳	۶۱
R(1)	۰/۶۷**	۰/۷۹**	۰/۵۸**	۰/۶۶**	۰/۵۶**	۰/۵۶**

منبع: یافته‌های تحقیق: \* معنی دار در سطح ۱۰ درصد \*\* معنی دار در سطح ۵ درصد

سبب افزایش عملکرد آن‌ها می‌شود. افزون بر این، نتایج حاصل از تحلیل رگرسیونی نشان می‌دهد که متغیرهای اقلیمی دما و بارش سالانه از لحاظ آماری، برای محصولات گندم آبی، بادمجان و طالبی به ترتیب در سطح یک و پنج درصد، برای محصول هندوانه در سطح ده و پنج درصد و برای محصول جو آبی در سطح پنج درصد معنی دار شدند. بالا بودن مقدار ضریب تعیین تعدیل شده پس از تخمین توابع، حاکی از آن است که متغیرهای بارش و متوسط دمای سالانه توانسته‌اند درصد بالایی (۵۶ تا ۷۹ درصد) از تغییرات متغیر وابسته (عملکرد محصولات) را توضیح دهند. در مرحله تحلیل رگرسیونی برای رفع خود همبستگی از فرآیند خود

با توجه به جدول (۴)، ملاحظه می‌شود که مجموع آب قابل دسترس حاصل از منابع آبی مختلف برای کشت محصولات عمده زراعی در شهرهای کاشمر، کوهسرخ و خلیل آباد طی سال پایه ۱۳۹۹-۹۸، به ترتیب معادل با ۱۷۳/۱۳، ۲۱۶/۸۶ و ۷۱/۵۵ میلیون متر مکعب می‌باشد. همچنین، ملاحظه می‌شود که شهر کاشمر با توجه به مساحت و گستره اراضی بیشتر نسبت به شهرهای کوهسرخ و خلیل آباد، منابع آب قابل دسترس بیشتری را در اختیار دارد. افزون بر این، با توجه به داده‌های آماری جدول (۴)، ملاحظه می‌شود که رودخانه‌ها و آب‌های تجمع یافته در شهرهای کاشمر، کوهسرخ و خلیل آباد به ترتیب با ۱۲۱/۴۲۶، ۷۶/۲۱ و ۹/۳۰ میلیون متر مکعب بیشترین سهم را در بین سایر منابع تأمین آب (چاه‌ها، قنات و چشمه‌ها) به خود اختصاص داده‌اند. این امر حاکی از آن است که بخش کشاورزی منطقه ترشیز (شهرهای کاشمر،

با توجه به نتایج جدول ۵، ملاحظه می‌شود که متغیرهای بارش و دمای سالانه در دشت ترشیز دارای اثر منفی بر عملکرد محصولات گندم و طالبی می‌باشند. براساس نتایج به دست آمده، با افزایش یک واحد دما و بارش سالانه، میزان عملکرد محصول گندم به ترتیب ۰/۲۷ و ۰/۲۱ واحد و میزان عملکرد محصول بادمجان به ترتیب ۰/۲۱ و ۰/۳۱ واحد کاهش می‌یابد. برای محصول هندوانه، افزایش یک واحد بارش سالانه سبب کاهش عملکرد آن‌ها به میزان ۰/۱۷ واحد و افزایش یک واحد دمای سالانه سبب افزایش عملکرد آن‌ها به میزان ۰/۲۵ واحد می‌شود. برای محصولات منتخب جو آبی و زعفران، افزایش دما و بارش سالانه به میزان یک واحد،

کشاورزان روستایی دشت ترشیز تحت سناریوی افزایش دو درجه دما و کاهش ۲۵ میلی‌متر بارش سالانه در نظر گرفته شد. با توجه به نتایج جدول ۶، ملاحظه می‌شود که با اعمال سناریوهای اقلیمی دو درجه افزایش دما و ۲۵ میلی‌متر کاهش بارش به صورت تلفیقی در دشت ترشیز، عملکرد جو آبی، طالبی و هندوانه به ترتیب ۱۲/۱، ۱۲/۶ و ۹/۵۲ درصد افزایش و عملکرد گندم آبی، زعفران و بادمجان به ترتیب ۱۷/۸، ۱۸/۱ و ۲۰/۷ درصد کاهش می‌یابد.

با توجه به تغییرات به وجود آمده در میزان عملکرد محصولات منتخب در اثر اعمال سناریوی تلفیقی اقلیمی و با استفاده از مدل PMP ارائه شده می‌توان میزان تغییرات سطح زیرکشت محصولات و سود ناخالص کشاورزان روستایی دشت ترشیز را برآورد نمود. نتایج این تحقیق تداوم شرایط تغییرات اقلیمی و عدم اتخاذ سیاست‌های مناسب جهت مواجهه و سازگاری با این تغییرات آثار سو این تغییرات غیرقابل اجتناب خواهد بود. کاهش در درآمد و افزایش در قیمت به کاهش رفاه تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان منجر می‌شود. امری که می‌تواند مساله رفاه اقتصادی و امنیت غذایی را با تهدید جدی مواجه سازد. افزون بر یافته‌های فوق، نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد که پس از اعمال سناریوی تلفیقی دو درجه افزایش دما و ۲۵ میلی‌متر کاهش بارش، با کاهش عملکرد محصولات گندم آبی، زعفران و بادمجان سطح

رگرسیون مرتبه اول  $R(1)$  استفاده شد. این فرآیند نشان داد که پیش‌بینی متغیر وابسته در زمان  $t$ ، نسبتی از مقدار آن در زمان  $(t-1)$  بعلاوه یک شوک تصادفی یا جمله اختلال در زمان  $t$  می‌باشد. مقدار آماره آزمون خود رگرسیون مرتبه اول با توجه به جدول ۵ برای توابع عملکرد محصولات گندم آبی، جو آبی و بادمجان در سطح یک درصد و برای توابع عملکرد محصولات زعفران، طالبی و هندوانه در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. با توجه به نتایج جدول ۵، آماره آزمون دوربین واتسون برای توابع تخمین زده که حاکی از عدم وجود خود همبستگی بین اجزای اختلال توابع این دو محصول می‌باشد. آزمون  $F$ ، معیار اندازه‌گیری معنی‌دار بودن کلی رگرسیون است. با توجه به نتایج جدول ۵ برای کلیه محصولات، آماره آزمون  $F$  محاسباتی بزرگ‌تر از  $F$  جدول است که نشان می‌دهد کل توابع رگرسیونی انجام شده معنی‌دار هستند.

### ۳-۱- نتایج حاصل از واسنجی مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)

تحلیل نتایج حاصل از برآورد توابع رگرسیونی نشان داد که با یک واحد افزایش دما و کاهش بارش، عملکرد محصولات منتخب زراعی در دشت ترشیز به طور معناداری تغییر می‌کند. به همین منظور در مطالعه حاضر بررسی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد، سطح زیرکشت محصولات و سود ناخالص

جدول ۶. نتایج حاصل از اعمال سناریوی تلفیقی اقلیمی در محدوده مطالعاتی دشت ترشیز

تغییرات سطح زیرکشت	تغییرات سطح زیرکشت (هکتار)	تغییرات عملکرد	سناریوی اعمال شده		مقادیر سال پایه (هکتار)	محصولات منتخب
			کاهش بارش	افزایش دما		
-۴,۲۸	۱۴۰۷۳	-۱۷/۸٪	۲۵mm	۲۰C	۱۴۷۰۲	گندم آبی
۲۳,۲	۵۱۴۲	۱۲/۱٪	۲۵mm	۲۰C	۴۱۷۴	جو آبی
-۳,۶۴	۱۲۷۹۸	-۱۸/۱٪	۲۵mm	۲۰C	۱۳۲۸۲	زعفران
۵,۴۳	۵۴۸۳	۱۲/۶٪	۲۵mm	۲۰C	۵۲۰۱	طالبی
-۸,۲۱	۲۱۶۹	-۲۰/۷٪	۲۵mm	۲۰C	۲۳۶۲	بادمجان
۱۱,۳۱	۱۴۸۳	۹/۵۲٪	۲۵mm	۲۰C	۱۳۳۳	هندوانه

سناریوی تلفیقی اقلیمی) افزایش می‌یابد. کشاورزان منطقه در مواجهه با شرایط تغییر اقلیم نسبت به تغییر الگوی کشت به سمت محصولات کم مصرف از نظر آب و سازگار با شرایط اقلیمی به کشت گیاهان داورپی و توسعه کشت‌های گلخانه‌ای می‌تواند حرکت کنند.

جدول ۷، وضعیت منابع آب مصرفی در الگوی زراعی دشت ترشیز را در شرایط سال پایه (یعنی قبل از رخداد تغییر اقلیم) و پس از وقوع تغییر اقلیم ناشی از کاهش بارش و افزایش دمای هوا مطابق با سناریوی تلفیقی نشان می‌دهد:

زیرکشت آن‌ها به ترتیب به میزان ۴/۲۸، ۳/۶۴ و ۸/۲۱ درصد کاهش می‌یابد و از ۱۴۷۰۲، ۱۳۲۸۲ و ۲۳۶۲ هکتار در سال پایه به ۱۴۰۷۳، ۱۲۷۹۸ و ۲۱۶۹ هکتار می‌رسد. اعمال سناریوی تلفیقی دو درجه افزایش دما و ۲۵ میلی‌متر کاهش بارش برای سایر محصولات الگو (جو آبی، طالبی و هندوانه)، افزایش عملکرد و در نتیجه افزایش سطح زیرکشت را نسبت به سال پایه به همراه دارد؛ به طوری که سطح زیرکشت جو آبی ۲۳/۲ درصد، طالبی ۵/۴۳ درصد و هندوانه ۱۱/۳۱ درصد نسبت به شرایط سال پایه (یعنی قبل از اعمال

جدول ۷. تغییرات میزان آب مصرفی در الگوی کشت دشت ترشیز پس از اعمال سناریوی تلفیقی اقلیمی

مصرفی در الگوی کشت	میزان آب مصرفی پس از اعمال سناریو*	میزان آب مصرفی در سال پایه*	محصول منتخب
-۱۸/۵	۱۱۶/۶۹	۱۴۳/۲۵	گندم آبی
۹/۳۴	۳۶/۰۷۲	۲۹/۵۷۲	جو آبی
-۲۰/۲	۴۲/۷۰۴	۵۲/۲۷۹	زعفران
۱۲/۴	۳۷/۳۳۸	۳۳/۲۱۰	طالبی
-۲۲/۱	۲۴/۵۸۶	۳۰/۳۹۶	بادمجان
۱۱/۹	۳۰/۸۲۳	۲۷/۵۴۱	هندوانه
-۵/۷۷	۳۰۶/۱۶	۳۳۵/۲۱	کل آب مصرف*

منبع: یافته‌های تحقیق\*: بر حسب میلیون مترمکعب

آب تخصیص داده شده بین فعالیت‌های زراعی دشت ترشیز یکی از مهم‌ترین پیامدهای تغییر اقلیم ناشی از افزایش دمای هوا و کاهش بارش است. جدول ۸، میزان تغییرات سود ناخالص کشاورزان روستایی را در هر هکتار از محصولات منتخب زراعی دشت ترشیز طی سال پایه و پس از اعمال سناریوی تلفیقی اقلیمی افزایش دو درجه سانتی‌گراد دمای هوا و ۲۵ میلی‌متر کاهش بارش نشان می‌دهد: با توجه به نتایج جدول ۸، ملاحظه می‌شود که پس از اعمال سناریوی تلفیقی دو درجه افزایش دما و ۲۵ میلی‌متر کاهش بارش، سود ناخالص حاصل از هر هکتار گندم آبی، زعفران و بادمجان برای کشاورزان روستایی دشت ترشیز نسبت به سال پایه (۱۳۹۶-۹۵) به ترتیب ۶/۴۳، ۹/۲۱ و ۱۰/۸ درصد کاهش می‌یابد، درحالی‌که با اعمال سناریوی تلفیقی فوق سود ناخالص حاصل از هر هکتار جو آبی، طالبی، و هندوانه به

با توجه به نتایج جدول ۷، ملاحظه می‌شود که کاهش سطح زیرکشت محصولات گندم آبی، زعفران و بادمجان در اثر اعمال سناریوی اقلیمی دو درجه افزایش دما و ۲۵ میلی‌متر کاهش بارش به تناسب منجر به کاهش منابع آب مصرفی در تولید محصولات مذکور می‌گردد. این در حالی است که افزایش سطح زیرکشت محصولات منتخب جو آبی، طالبی و هندوانه تحت شرایط رخداد تغییر اقلیم، افزایش میزان مصرف نهاده آب را در الگوی کشت برای تولید این محصولات به دنبال دارد. در نهایت، نتایج به دست آمده گویای آن است که با رخداد شرایط تغییر اقلیم مطابق با سناریوی کاربردی ارائه شده، مجموع حجم آب مصرفی در الگوی کشت محصولات منتخب زراعی دشت ترشیز نسبت به شرایط سال پایه ۵/۷۷ درصد کاهش می‌یابد و از ۳۳۵/۲۱ به ۳۰۶/۱۶ میلیون مترمکعب می‌رسد. بنابراین، کاهش میزان

محصولاتی چون جو آبی، طالبی و هندوانه که افزایش عملکرد را تحت شرایط رخداده تغییر اقلیم در پی دارند، متمایل می‌شوند. با توجه به نتایج به دست آمده، ملاحظه می‌شود که بیشترین میزان تغییرات سود ناخالص کشاورزان روستایی در واحد سطح مربوط به محصولات طالبی هندوانه و کمترین میزان تغییرات سود ناخالص مربوط به محصول گندم آبی است.

ترتیب ۱۱/۷، ۱۴/۵ و ۱۲/۳ درصد نسبت به سال پایه افزایش می‌یابد. این امر به دلیل کاهش عملکرد محصولات مذکور طی اعمال تغییر اقلیم ناشی از افزایش دمای هوا به میزان دو درجه سانتی‌گراد و کاهش بارش ۲۵ میلی‌متر نسبت به شرایط سال پایه است. در واقع، با کاهش عملکرد محصولات گندم آبی، زعفران و بادمجان تحت شرایط رخداده تغییر اقلیم، کشاورزان روستایی دشت ترشیز از سطح زیرکشت این محصولات می‌کاهد و به سمت توسعه سطح زیرکشت

جدول ۸. تغییرات سود ناخالص کشاورزان روستایی در واحد سطح اراضی پس از اعمال سناریوی تلفیقی اقلیمی

محصول منتخب	سود ناخالص در سال پایه*	سود ناخالص پس از اعمال سناریو*	درصد تغییرات سود ناخالص کشاورزان روستایی
گندم آبی	۱۳۸۲۳۶	۱۲۸۳۴۰	-۶/۴۳
جو آبی	۱۱۸۵۷۰	۱۳۲۴۵۰	۱۱/۷
زعفران	۳۷۸۶۴۲	۳۶۱۱۸۲	-۹/۲۱
طالبی	۲۲۳۵۲۰	۲۵۵۰۲۳	۱۴/۵
بادمجان	۲۰۷۵۶۰	۱۸۵۰۲۳	-۱۰/۸
هندوانه	۲۱۶۴۸۵	۲۳۳۲۱۰	۱۰/۳
سود ناخالص الگو**	۱۵۰۴۲۶۰	۱۳۵۱۳۸۲	-۱۱/۱۷

منبع: یافته‌های تحقیق \* و \*\* به ترتیب بر حسب یکصد ریال و میلیون ریال در هکتار است.

افزون بر این، نتایج جدول ۸ نشان می‌دهد که با اعمال سناریوی تلفیقی اقلیمی فوق (دو درجه افزایش دما و ۲۵ میلی‌متر کاهش بارش)، مجموع سود ناخالص حاصل از الگوی کشت در دشت ترشیز نسبت به سال پایه ۱۱/۱۷ درصد کاهش می‌یابد و از ۱۵۰۴۲۶۰ به ۱۳۵۱۳۸۲ میلیون ریال می‌رسد. یافته‌های به دست آمده حاکی از وجود اثرات منفی تغییر اقلیم ناشی از کاهش بارش (۲۵ میلی‌متر نسبت به سال پایه) و افزایش دمای هوا (دو درجه نسبت به سال پایه) بر تولیدات بخش کشاورزی و بازده ناخالص کشاورزان روستایی (معیشت کشاورزان روستایی) در دشت ترشیز است. گرم شدن آب و هوای زمین و تغییر اقلیم یکی از مهم‌ترین مسائل زیست محیطی جهان است. تغییر اقلیم اثرات محسوسی بر بخش کشاورزی دارد. بررسی پیامدهای این اثرات می‌تواند برای آینده بخش کشاورزی هر کشوری مفید باشد. هدف اصلی این مطالعه تحلیل پیامدهای تغییر اقلیم بر

عملکرد محصولات کشاورزی، الگوی کشت و سود ناخالص کشاورزان روستایی دشت ترشیز است. این دشت که در بخش غرب استان خراسان رضوی واقع شده است و منطقه مورد مطالعه در این تحقیق می‌باشد، دارای بیش از ۶۲ هزار هکتار اراضی قابل کشت است. از این سطح، سالانه بر حسب میزان آب تخصیصی تنها در حدود ۵۰ تا ۷۰ درصد زیرکشت محصولات زراعی و باغی قرار می‌گیرد. رخدادهای تغییر اقلیم ناشی از افزایش دمای هوا و کاهش میزان بارش و در نهایت عدم وجود منابع آب مطمئن علت اصلی کاهش سطح زیرکشت محصولات در این دشت است. بدین منظور، در بخش اول این تحقیق از یک تابع رگرسیونی جهت بررسی اثرات تغییر اقلیم ناشی از افزایش دو درجه دمای هوا و کاهش ۲۵ میلی‌متر بارش سالانه بر عملکرد محصولات عمده دشت ترشیز استفاده شد. در ادامه از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) برای بررسی اثر تغییر اقلیم بر میزان تغییرات

سطح زیرکشت محصولات و سود ناخالص کشاورزان روستایی دشت ترشیز استفاده شد. تخمین توابع رگرسیونی در محیط نرم‌افزاری Stata و حل مدل PMP در محیط نرم‌افزاری GAMS صورت گرفت. داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز در این تحقیق از دو نوع مقطعی و سری زمانی هستند. جهت تخمین توابع رگرسیونی عملکرد محصولات براساس متغیرهای اقلیمی دما و بارش از داده‌های سری زمانی مربوط به دوره ۱۳۹۸-۱۳۶۰ و جهت حل مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) از داده‌های مقطعی مربوط به منابع آب و تولیدات کشاورزی در سال پایه ۱۳۹۹-۱۳۹۸ استفاده شد.

#### ۴ نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادها

از نتایج تحقیق حاضر که حاصل از حل مدل PMP بود، می‌توان نتیجه گرفت که پس از اعمال سناریوی تلفیقی اقلیمی دو درجه افزایش دما و ۲۵ میلی‌متر کاهش بارش، کشاورزان روستایی دشت ترشیز از سطح زیرکشت محصولات گندم آبی، زعفران و بادمجان می‌کاهند و به سمت توسعه سطح زیرکشت محصولات جو آبی، طالبی و هندوانه متمایل می‌شوند. افزون بر این نتایج بخش دوم تحقیق حاضر نشان داد که با اعمال سناریوی تلفیقی اقلیمی مذکور، سود ناخالص کشاورزان روستایی دشت ترشیز نسبت به سال پایه (۱۳۹۹-۱۳۹۸) به میزان ۱۱/۱۷ درصد کاهش می‌یابد و از ۱۵۰۴۲۶۰ به ۱۳۵۱۳۸۲ میلیون ریال می‌رسد که این امر به علت کاهش سطح زیرکشت محصولات اقتصادی‌تر (پر بازده‌تر) در الگوی کشت منطقه مورد مطالعه است. مطالعات معدودی در این زمینه وجود دارند که نتایج برخی از آن‌ها مطابق با یافته‌های تحقیق حاضر است. از جمله مهم‌ترین این مطالعات می‌توان به تحقیق کونور و همکاران (۲۰۰۸) و پرهیزکاری و همکاران (۱۳۹۶) اشاره کرد که یافته‌های حاصل از آن حاکی از افزایش هزینه‌های تولید و کاهش سود ناخالص کشاورزان روستایی تحت سناریوهای شدیدتر تغییر اقلیم است. نتایج تحلیل رگرسیونی به دست آمده در مطالعه خانلری (۱۳۹۱) و کیانی و همکاران (۱۳۹۸) که همسو با یافته‌های بخش اول تحقیق حاضر می‌باشد، نشان داد که تغییر

اقلیم اثر معنی‌داری بر عملکرد برنج، گندم و جو در استان مازندران دارد و کاربری اراضی را در جهت افزایش کشت اراضی برنج و جو تغییر داده است. همچنین، پدیده تغییر اقلیم در این استان (که ناشی از افزایش دمای هوا و کاهش بارندگی است) منجر به کاهش سود ناخالص کشاورزان روستایی گندم‌کار و افزایش سود ناخالص برنج‌کاران منطقه شده است تغییر اقلیم علاوه بر افزایش دما و به تبع آن افزایش نیاز آبی گیاه موجب افت تولید محصولات کشاورزی نیز می‌شود. لذا در شرایط کنونی، با توجه به بحران کمبود آب در کشور، برای مواجهه با اثرات تشدیدکننده این کمبود ناشی از تغییر اقلیم و همچنین تأمین امنیت غذایی جمعیت در حال رشد کشور، باید بر سازگاری با تغییر اقلیم تأکید شود که همسو با یافته‌های تحقیق حیدری (۱۳۹۸) می‌باشد. به طور کلی، با توجه به نابهنگامی تغییرات اقلیمی در برنامه‌ریزی برای افزایش میزان تولید محصولات کشاورزی در دشت ترشیز، پیشنهاد زیر ارائه می‌شود: ۱- با توجه به نتایج حاصل از اعمال سناریوی تغییر اقلیم کاهش بارش و افزایش دما، پیشنهاد می‌شود که ابتدا به عامل بهبود عملکرد در واحد سطح پرداخته شود و توسعه سطح زیرکشت محصولاتی چون جو آبی، طالبی و هندوانه در اولویت بعدی قرار گیرد، چرا که توسعه سطح زیرکشت این محصولات به واسطه حمایت‌های دولت اگر چه می‌تواند انگیزه‌های زارعین را برای بهبود عملکرد افزایش دهد، اما منجر به کاهش سطح زیرکشت محصولات رقیبی چون گندم آبی خواهد شد که این امر بازار مصرف را در کوتاه مدت با مشکلات عدیده مواجه خواهد نمود. مواجهه با مشکلاتی مانند کم آبی، به دلیل توسعه سطح زیرکشت محصولاتی چون هندوانه نیز با توجه به شرایط حال حاضر منطقه مورد مطالعه از جمله مواردی است که بهبود عملکرد در واحد سطح محصولاتی چون گندم آبی، جو آبی و طالبی را به جای افزایش سطح زیرکشت محصولات آب‌بر (مانند هندوانه) در اولویت قرار می‌دهد.

۲- کاهش بازده ناخالص کشاورزان روستایی دشت ترشیز در شرایط رویارویی با تغییر اقلیم ناشی از کاهش بارش و

خانلری، ا. ۱۳۹۱. اثر تغییر اقلیم بر کاربری اراضی و عملکرد بخش کشاورزی استان مازندران. پایان‌نامه اخذ درجه کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، ۶۴ صفحه.

دانشگر، ح، باقری، م، مردانی نجف آبادی، م. ۱۴۰۰. ارزیابی پیامدهای تغییر اقلیم و راهبردهای سازگاری با آن در دشت بوشکان استان بوشهر. اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۳۵(۱)، ۶۳-۷۸.

رضایی زمان، م، مرید، س، دلاور، م. ۱۳۹۲. ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر متغیرهای هیدروکلیماتولوژی حوضه سیمینه رود. آب و خاک، ۲۷(۶)، ۱۲۴۷-۱۲۵۹.

سازمان هواشناسی استان خراسان رضوی. ۱۳۹۹. گزارش تفصیلی وضعیت آب و هوا و بارش‌های صورت گرفته طی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۶۰ در استان خراسان رضوی.

کیانی، س، شهرکی، ج، اکبری، ا، سردار شهرکی، ع. ۱۳۹۸. اثر تغییرات اقلیمی بر تولید بخش کشاورزی ایران: مطالعه موردی محصول گندم، پژوهش‌های کاربردی زراعی، ۴(۳۲)، ۱۰۹-۱۲۷.

معززی، ف، موسوی، س ح، یآوری، غ، باقری، م. ۱۴۰۰. ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر امنیت غذایی و رفاه اقتصادی: مطالعه موردی دشت همدان- بهار. اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۲۹(۲)، ۲۴۹-۲۹۲.

نوروزیان، م. پژوهش‌های کاربردی، ا. و صبحی، م. ۱۳۹۲. تحلیل اقتصادی تغییرات اقلیم بر عملکرد پنبه آبی در استان‌های منتخب. مجله هواشناسی کشاورزی، ۲(۱): ۷۹-۷۳.

Angel, J. 2008. Potential impacts of climate change on water availability. Illinois state water survey. Institute of Natural Resource Sustainability, 12(1): 397-409.

Barreca A, Clay K, Deschênes O, et al., 2015. Convergence in adaptation to climate change: Evidence from high temperatures and mortality, 1900-2004. Am. Econ. Rev. 105(5): 247-51.

Cortignani, R., Dono, G., 2015. Simulation of the impact of greening measures in an agricultural area of the southern Italy. Land Use Policy. 48, 525-533.

Calvin, K., Mignone, B.K., Khesghi, H.S., Snyder, A.C., Patel, P., Wise, M., Edmonds, J.A.E. (2020). Global market and economic welfare implications

افزایش دما، از جمله مهم‌ترین نتایج به دست آمده در این تحقیق بود. لذا، استفاده از تسهیلات بلاعوض و کمک‌های مالی کم بهره یا بدون سود توسط مسئولین و مدیران بخش کشاورزی، جهت حمایت از کشاورزان روستایی ترشیز در مواقع رخداد تغییر اقلیم می‌تواند به تداوم کشت محصولات منتخب زراعی و پویایی فعالیت‌های کشاورزی در دشت ترشیز کمک شایانی نماید.

۳- پیشنهاد می‌شود که از روش‌های کم آبیاری، فناوری‌های بذر اصلاح شده و پربازده از لحاظ مقاومت به خشکسالی و حفاظت از پوشش گیاهی مراتع (عدم چرای دام در مرتع) استفاده شود. راهکارهای ایجاد سیستم‌های آموزشی و ظرفیت‌سازی شیوه‌های سازگاری با تغییر اقلیم برای کشاورزان. به‌رحال بر اساس نتایج از لحاظ نسبت سود به هزینه، راهکارها و اقدامات سازگاری با تغییر اقلیم در حوزه مدیریتی در کوتاه‌مدت کم‌هزینه‌تر و اثرگذارتر هستند.

## ۵ منابع

اداره جهاد کشاورزی شهرستان کاشمر. ۱۳۹۹. بخش بهبود و تولیدات گیاهی.

اداره منابع آب شهرستان کاشمر. ۱۳۹۹. دفتر مطالعات پایه منابع آب.

پرهیزکاری، ا. مظفری، م.م. حسینی خدادادی، م. و پرهیزکاری، ر. ۱۳۹۴. تحلیل اقتصادی اثرات تغییر اقلیم ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر تولیدات کشاورزی و منابع آب در دسترس، مطالعه موردی: اراضی پایین‌دست سد طالقان. مجله اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۹(۱): ۸۹-۶۷.

پرهیزکاری، ا.، محمودی، ا. و شوکت فدایی، م. ۱۳۹۶. ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب در دسترس و تولیدات کشاورزی در حوضه آبخیز شاهرود. مجله تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۳۳: ۲۳-۵۰.

حیدری، ن. ۱۳۹۸. رویکردها و راهکارهای سازگاری با تغییر اقلیم از جنبه‌های مدیریت آب کشاورزی و امنیت غذایی. مدیریت آب در کشاورزی، ۶(۱)، ۲۳-۳۶.

- combustion and cement production in China. *Nature*, 524(7565), 335.
- Petsakos, A., Rozakis, S., 2015. Calibration of agricultural risk programming models. *Eur. Jour. Oper. Res.* 242, 536-545.
- Sanchis, F.M. and Feijoo-Bello, M. L. 2009. The climate change and its' marginalizing effect on the agriculture. *Ecological Economics*, 68(3):896-904.
- Stevanović, M., Popp, A., Lotze-Campen, H., Dietrich, J.P., Müller, C., Bonsch, M., . . . Weindl, I. (2016). The impact of high-end climate change on agricultural welfare. *Science Advances*, 2(8): e1501452. DOI: 10.1126/sciadv.1501452.
- Stern, N., 2013. The structure of economic modeling of the potential impacts of climate change: grafting grossunderestimation of risk onto already narrow science models. *Jour. Econ. Lit.* 51, 838-859.
- Wang, Y., Liu, J., Hansson L., et al. 2011. Implementing stricter environmental regulation to enhance ecoefficiency and sustainability: a case study of Shandong Province's pulp and paper industry, China. *Jour. Clean. Prod.* 19(4): 303-310.
- Wise R M, Fazey I, Smith M S, et al., 2014. Reconceptualising adaptation to climate change as part of pathways of change and response. *Glob. Environ. Change.* 28: 325-336.
- Zhan, J., Zhang F., Jia S. et al., 2017. Spatial Pattern of Regional Urbanization Efficiency: An Empirical Study of Shanghai. *Comput. Econ.* 1-15.
- Zhang, N., Choi, Y., 2013. Total-factor carbon emission performance of fossil fuel power plants in China: a metafrontier non-radial Malmquist index analysis. *Energ Econ.* 40: 549-559.
- Zhao, Z., Wang, G., Chen, J., Wang, J., Zhang, Y. 2019. Assessment of climate change adaptation measures on the income of herders in a pastoral region. *Journal of Cleaner Production*, 208:728-735.
- of changes in agricultural yields due to climate change. *Climate Change Economics*, 11(01): 2050005. DOI: 10.1142/S2010007820500050.
- Connor, J., Kirby, M., Schwabe, K., Liukasiewics, A. and Kaczan, D. 2008. Impacts of reduced water availability on lower Murray irrigation, Australia, Socio-Economics and the Environment in Discussion, CSIRO working paper series ISSN: 1834-5638.
- Deng, X., Huang, J., Qiao, F., et al., 2010. Impacts of El Nino-Southern Oscillation events on China's riceproduction. *Jour. Geogr. Sci.* 20(1), 3-16.
- Deng, X., Li, Z., Gibson, J., 2016. A review on trade-off analysis of ecosystem services for sustainable land-use management. *Jour. Geogr. Sci.* 26(7): 953-968.
- Holling, C. S., 1979. Adaptive Environmental Assessment and Management--Current Progress and Prospects for the Approach: Summary Report of the First Policy Seminar, 18-21 June 1979.
- Howitt, R. E., 2005. PMP based production models-development and integration. XI European Association of Agricultural Economists (EAAE), Copenhagen, Denmark, 23-27.
- Howitt, R.E. 1995, Positive mathematical programming. *American Journal of Agricultural Economics*, 77(2):329-342.
- Howitt, R.E., Medellin-Azuara, J., MacEwan, D. and Lund, R. 2012. Calibrating disaggregate economic models of agricultural production and water management. *Science of the Environmental Modeling and Software*, 38: 244-258.
- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. and Jafari, L. 2015. Evaluation of climate change effect on agricultural production of Iran: I. Predicting the future agro climatic conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13(4): 651-664.
- Liu, Z., Guan, D., Wei, W. et al. 2015. Reduced carbon emission estimates from fossil fuel